

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

WILLIAN RODRIGUES DE PAULA

CONTROLE AUTOMÁTICO DE VÁCUO NA ORDENHA DE VACAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2012**

WILLIAN RODRIGUES DE PAULA

CONTROLE AUTOMÁTICO DE VÁCUO NA ORDENHA DE VACAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação de Eletrônica no Campus Ponta Grossa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção da conclusão do curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Claudinor Bitencourt Nascimento.

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Eletrônica
Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

CONTROLE AUTOMÁTICO DE VÁCUO NA ORDENHA DE VACAS

por

WILLIAN RODRIGUES DE PAULA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 29 de maio de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Claudinor Bitencourt Nascimento, Dr.
Prof. Orientador

Atila Madureira Bueno, Dr.
Membro titular

Helio Voltolini, Dr.
Membro titular

Dedico...

Aos meus pais, Eugenio e Roseli, que com muito amor,
carinho e simplicidade souberam me ensinar o sentido da vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus ao conceder essa oportunidade de estar numa excelente universidade.

Aos meus pais, pelo incentivo, pelo cuidado, e por sempre estarem ao meu lado.

À minha Irmã Kelly que sempre me encorajou e me deu dicas para a realização de trabalhos durante o curso.

À minha Irmã Caroline pelo incentivo nos momentos difíceis.

À minha querida namorada Munique pelas palavras de incentivo e apoio.

Agradeço especialmente ao meu professor orientador Dr. Claudinor Bitencourt Nascimento, pela paciência, competência, incentivo durante a realização do trabalho.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram nos momentos difíceis.

Aos colegas de trabalho que sempre colaboraram nas idéias para a realização do projeto.

Agradeço aos meus colegas de curso pelas sugestões e críticas aferidas.

Por fim agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para essa longa caminhada.

RESUMO

PAULA, Willian Rodrigues. **Controle Automático de Vácuo na Ordenha de Vacas**. 2012. 48 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Automação Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um controle automático de vácuo na ordenha de vacas criando um controle alternativo para o sistema de ordenha com objetivo de reduzir as variações de pressão no processo, causadas pelos equipamentos do processo de ordenha mecânica. Através dos resultados o projeto alcançou-se uma boa eficiência no processo diminuindo o número de vacas lesionadas pelas variações de pressão e contribuindo com o aumento da qualidade e a produção do leite ordenhado. O trabalho relata as etapas do processo mecânico e descreve minuciosamente o desenvolvimento do controle automático como forma de melhoria.

Palavras-chave: Processo de ordenha mecânico. Controle automático de vácuo. Lesionadas. Variação de pressão.

ABSTRACT

PAULA, William Roberts. **Automatic Control Vacuum in Milking Cows**. 2012. 48 sheets. Completion of course work in Industrial Automation Technology - Paraná Federal University of Technology. Ponta Grossa, 2012.

This work presents the development of an automatic vacuum for milking cows creating an alternative control for the milking system designed to reduce pressure variations in the process, caused by the equipment of the milking process. Through the design of the results is achieved a good efficiency in the process reducing the number of cows injured by the variations of pressure and contributing to the increase in quality and production of milk milked. The work describes the stages of the mechanical process and describes in detail the development of automatic control as a means of improvement.

Keywords: Mechanical milking process. Automatic control of vacuum. Damaged. Variation of pressure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema de controle de velocidade	16
Figura 2 - Controle de processos com realimentação	19
Figura 3 - Controle de processos antecipativo	20
Figura 4 - Ordenhadeira Fixa	24
Figura 5 - Equipamento moto bomba	25
Figura 6 - Canalização	26
Figura 7 - Regulador de vácuo	26
Figura 8 - Manômetro de vácuo	27
Figura 9 - Pulsador.....	27
Figura 10 - Conjunto ordenha.....	28
Figura 11 - Esquema elétrico de ligação estrela triângulo do conjunto moto bomba	28
Figura 12 - Vaca com mastite.....	32
Figura 13 - Transdutor de pressão Negativa	35
Figura 14 - Controlador de Pressão	36
Figura 15 - Inversor de frequência	37
Figura 16 - Diagrama elétrico do controle automático	37
Gráfico 1 - Produção do leite ordenhado pelo processo mecânico	30
Gráfico 2 - Relação média das vacas ordenhadas	33
Gráfico 3 - Produção do leite ordenhado pelo processo automatizado	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensionamento do sistema de vácuo.....	25
Tabela 2 - Quantidade de vacas ordenhadas por processo	29
Tabela 3 - Produção do leite com o processo de ordenha mecânica.....	30
Tabela 4 - Quantidade de leite não produzido pelo processo de ordenha mecânica	31
Tabela 5 - Níveis padrões de pressão de trabalho	33
Tabela 6 - Custo da implantação do controle automático de vácuo	39
Tabela 7 – Produção do leite com o processo de controle automático	40
Tabela 8 - Quantidade de leite não produzido pelo processo de ordenha mecânica.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

KPA – KILO PASCAIS

Ma – MILI AMPERES

Hz – HERTZ

RPM – ROTAÇÕES POR MINUTO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema de Pesquisa.....	13
1.1.1 Delimitação do Tema.....	13
1.2 PROBLEMA	13
1.3 Hipótese/Premissa	13
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos	14
1.5 JUSTIFICATIVA	14
1.6 MÉTODOS DE PESQUISA	15
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 DESENVOLVIMENTO	16
2.1 HISTÓRICO DO CONTROLE AUTOMÁTICO	16
2.2 CONTROLE DE PROCESSOS	18
2.2.1 Controle Realimentado.....	18
2.2.2 Controle Antecipatório	20
2.3 VARIÁVEIS DE PROCESSO	21
2.3.1 Variável Controlada	21
2.3.2 Variável Manipulada	21
2.3.3 Variável Dinâmica.....	21
2.4 PERTURBAÇÕES.....	21
2.5 AUTOMAÇÃO	22
2.6 ORDENHA MECÂNICA.....	23
3 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO DE ORDENHA	24
3.1 SISTEMA DE VÁCUO	24
3.2 SISTEMA DE PULSAÇÃO	27
3.3 SISTEMA DE EXTRAÇÃO	27
3.4 FORMA DE ORDENHA REALIZADA.....	29
4 DESCRIÇÃO DAS FALHAS DE PROCESSO.....	32
4.1 NÍVEIS DE VÁCUO ALTO.....	32
4.2 NÍVEIS DE VÁCUO BAIXO	32

5 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE AUTOMÁTICO	34
5.1 DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE AUTOMÁTICO.....	34
5.1.1 Medição.....	35
5.1.2 Controle.....	35
5.1.3 Correção.....	36
5.1.4 Diagrama Elétrico	37
5.1.5 Investimento	38
6. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS.....	42
APÊNDICE A	45
APÊNDICE B	47

1 INTRODUÇÃO

O controle automático teve origem há 2000 anos atrás, em torno de 270 AC, entre os gregos e árabes, com a invenção de um regulador de nível através de bóias para um relógio de água (Longhi).

Durante o século XVIII foi desenvolvido o primeiro trabalho significativo na área de controle automático, estabelecendo o controle de velocidade de uma máquina a vapor, impulsionando a base para as demais pesquisas na área de controle (Ogata, 2005).

A partir dos conceitos desenvolvidos e à medida que os sistemas foram ficando sofisticados, os sistemas de controle se tornaram precisos e complexos contendo várias equações para determinar sua estabilidade.

As formas de controle desenvolvidas recentemente tem um papel fundamental no avanço da tecnologia e da ciência, contribuindo significativamente em diversas áreas do campo de trabalho, voltadas para biomedicina, robótica, veículos espaciais, lançamento de mísseis e principalmente na indústria.

As atividades no ramo agrícola leiteira constituída pelo processo mecânico de ordenha, muito utilizado pelos produtores de leite, baseado nos conceitos das máquinas agrícolas desde o século XVIII, tornou-se fundamental para o processo, desenvolvendo o uso de equipamentos de estímulo das glândulas mamárias, tornando-se um sistema simples, porém não eficiente para o processo, devido às variações impostas no sistema de ordenha.

Com a necessidade de melhorar o desempenho dos equipamentos e otimizar o processo, o mercado voltado a produção do leite, fez-se o uso intensivo da automação de controle no sistema de ordenha com vacas. Devido ao suporte que a tecnologia apresenta neste ramo e aos benefícios que impactam no sistema, o uso do controle automático de vácuo na ordenha de vacas a ser apresentado tende a facilitar o desempenho da produção do leite, substituindo o processo mecânico com variações no sistema de vácuo. Contribuindo gradativamente na estabilidade do vácuo disposto no processo, o controle automático fará a manipulação da pressão mantendo-a em níveis mais estáveis de acordo com a necessidade estipulada.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Automatização do controle de vácuo na ordenha de vacas.

1.1.1 Delimitação do Tema

O presente trabalho será desenvolvido propondo reduzir as variações de pressão causadas pelo sistema de ordenha mecânica. Para tal faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema de controle automático que mantenha estável os níveis de pressão para o processo da ordenha.

1.2 PROBLEMA

Tetos das vacas lesionados, pelo excesso do vácuo na ordenha, reduzindo a produção do leite.

1.3 HIPÓTESE / PREMISSA

Neste sistema automático de controle encontraram-se dificuldades com oscilação da rede elétrica criando na implantação do projeto algumas dificuldades, tendo como principal consequência falhas no inversor de frequência por sobtensão no circuito e o comprometimento do equipamento.

1.4 OBJETIVOS

Como objetivo do projeto pretende-se reduzir as variações de pressão no sistema de ordenha.

1.4.1 Objetivo Geral

Tem-se como principal objetivo automatizar o controle de vácuo para a ordenha de vacas, deixando a pressão em níveis desejados para a retirada do leite e diminuindo o número de animais lesionados pela ordenha.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para que o projeto tenha êxito serão estabelecidas algumas etapas:

- Analisar o projeto estrutural existente, visando todas as etapas e identificando os pontos críticos para o controle;
- Analisar a relação custo/ benefício para que esta implantação seja relevante para a empresa;
- Estabelecer uma automatização simples e eficiente para que o processo seja confiável;
- Definir qual será o melhor equipamento a ser utilizado de maneira que apresente custo reduzido e de fácil manutenção (apresente peças de reposição em caso de quebra);
- Implementar o projeto proposto;
- Analisar os resultados obtidos;
- Melhorar a qualidade do produto.

1.5 JUSTIFICATIVA

Com a elaboração e a implantação deste projeto na ordenha de vacas, pretende-se apresentar melhores condições na variação de pressão, para que o produto seja ordenhado com qualidade, reduzindo o número de vacas lesionadas e gerando uma confiabilidade para o cliente.

1.6 MÉTODO DA PESQUISA

O método da pesquisa será embasado utilizando o método qualitativo e quantitativo, abrangendo conceitos sobre o controle de processos, a automação do sistema e o processo de ordenha desenvolvendo através dos resultados uma análise dos dados através de indicadores gráficos.

1.7 ESTRURURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 6 capítulos. No capítulo 2 é realizado uma revisão bibliográfica destacando o histórico do controle automático, o controle de processos de uma forma geral, os princípios da automação, e o desenvolvimento da ordenha mecânica. No 3 capítulo apresenta-se as características de funcionamento do processo de ordenha, contendo a descrição do sistema. No quarto capítulo apresenta-se a descrição das falhas de processo com a variação de pressão. No 5 capítulo destaca-se a implementação do projeto como forma de melhoria para o processo. Por fim, no capítulo 6 são expostas as conclusões.

2 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta um estudo bibliográfico sobre o histórico do controle automático, os conceitos do controle de processos em geral, variáveis de processo e perturbações, princípios da automação e o desenvolvimento da ordenha mecânica.

2.1 HISTÓRICO DO CONTROLE AUTOMÁTICO

Segundo (Ogata, 2005), percebe-se que a partir do século XVIII James Watt construiu o regulador centrífugo como primeiro trabalho significativo em controle automático, conforme apresentado na figura 1, para determinar o controle de velocidade de uma máquina a vapor.

Para (Ogata, 2005), verifica-se que Minorsky, Hazen e Nyquist criaram projetos importantes nos primeiros estágios relacionado ao desenvolvimento da teoria de controle.

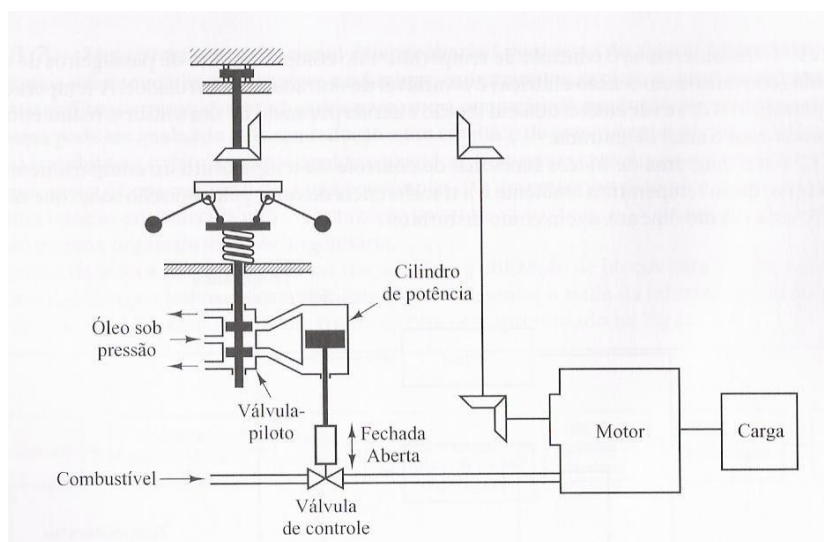


Figura 1: Sistema de controle de velocidade
Fonte: Apostila Ciência da computação UNIP (p. 3, 2008)

Em 1922, de acordo com (Ogata, 2005), entende-se que Minorsky desenvolveu a idéia e trabalhou na criação de projetos como controladores automáticos para pilotagem de embarcações e demonstrou através de equações diferenciais a determinação da estabilidade.

“Em 1932, Nyquist desenvolveu um procedimento relativamente simples para a determinação da estabilidade de sistemas de malha fechada com base na resposta de malha aberta a excitações senoidais estacionárias” (Ogata, 2005, p1). Segundo o autor entende-se que através de pesquisas e resultados feitos no sistema de malha aberta Nyquist criou regras simples de estabilidade em sistemas de malha fechada.

“Em 1934, Hazen, que introduziu o termo servomecanismo para designar sistemas de controle de posição, discutiu o projeto de servomecanismos a relé, capaz de seguir, de muito perto uma excitação variável no tempo” (Ogata, 2005, p1). De acordo com autor verifica-se que o servomecanismo a relé, idéia sugerida por Hanzen, contribuiu de uma forma importante para o sistema de controle, podendo verificar uma variação na entrada do sistema de posição. Usando a mesma idéia do autor entende-se que entre a década de 40 se tornou possível aos engenheiros projetar sistemas de controle linear com malha fechada utilizado como base métodos de resposta em freqüência.

“Do final da década de 1940 até o início dos anos 50, desenvolveu-se completamente o método do lugar das raízes graças a Evans” (Ogata,2005). Para Ogata percebe-se que os métodos de resposta em freqüência e de lugar das raízes desenvolvidos são formas teóricas básicas para controle de sistemas estáveis.

No fim da década de 50 destacaram-se vários problemas nos projetos relacionados ao controle, surgindo à idéia de desenvolver um projeto de sistema com controle ótimo e eficiente para o processo em um aspecto aceitável.

Conforme os sistemas com várias entradas e saídas se tornaram mais evoluídos e complexos entende-se que a forma para um controle de sistema mais completo, exige várias equações. A idéia de sistema de controle com apenas uma entrada e saída, tornou-se insuficiente para sistemas com múltiplas entradas e saídas.

De acordo com (Ogata, 2005) a partir da década de 60, obteve-se o auxílio dos computadores digitais que contribuíram para análises de sistemas complexos diretamente no domínio do tempo desenvolvendo a moderna teoria de controle, com base na análise e na síntese do domínio de tempo com a função de variáveis de estado. Este sistema foi criado para desencadear a gradativa forma dos sistemas modernos com exigências relacionadas à precisão e ao custo em aplicações militares, espaciais e industriais.

Para (Ogata, 2005), na década de 60 e 80 comprovou-se que o controle de sistemas determinístico e estocásticos assim como o controle de sistemas complexos, adaptativos e de aprendizagem foram completamente pesquisados. A partir de 1980 às décadas de hoje o desenvolvimento da teoria de controle moderno tornou como prática o uso de controles robustos.

2.2 CONTROLE DE PROCESSOS

Conforme (Gomes, 2002), nota-se que o controle de processo automático surgiu para simplificar e melhorar a manufatura de produtos, tornando os processos seguros e com uma melhor aplicação. A forma automatizada dos controles de processo contribuiu para a otimização e evolução das manufaturas gerando diversos recursos nas últimas décadas.

“O principal objetivo do controle automático de processo é conseguir que uma variável dinâmica se mantenha constante em um valor específico” (Gomes, 2002, p.5). Segundo a idéia do autor, entende-se que o controle automático de processo tem como objetivo principal, estabilizar uma variável dinâmica para que não cause intervenções externas com influência nas variáveis de processo. A idéia de controle e maneira de aplicação desenvolvida nas indústrias de manufatura é disposta de duas formas: controle realimentado (*feedback*) e controle antecipatório (*feedforward*). “É possível também a combinação das duas estratégias de controle para resolver problemas com estabilidade do controle” (Gomes, 2002, p. 5).

2.2.1 Controle Realimentado

Para (Zerbini, 2002), o controle realimentado é a principal forma de controle utilizado nos processos industriais.

O valor da variável controlada é medido com um sensor, e é comparado com o valor desejado (*setpoint*). A diferença entre o *setpoint* e a variável controlada é conhecida como erro (ou desvio). A saída do controlador é determinada em função deste erro, e é usada para ajustar a variável manipulada (Gomes, 2002, p.6).

Entende-se nesse parágrafo que um sensor tem a função de fazer a leitura da variável controlada dentro de um valor específico, e este valor é comparado com o valor ajustado no controlador. As relações entre a diferença da variável controlada e o valor ajustado no controlador, resultam no termo conhecido como erro ou desvio. A variável manipulada é modificada de acordo com a saída do controlador com base do desvio gerado.

A variável manipulada é determinada de acordo com processo submetido com base nos tipos de erro gerados no controle e o índice de fatores econômicos.

Para o controle realimentação, é necessário que exista uma malha de controle fechada, que opere sem intervenção do elemento humano, medindo continuamente o valor atual da variável, comparando com o valor desejado e utilizando a possível diferença para corrigir ou eliminar a diferença existente (Gomes, 2002, p.7).

Conforme (Gomes, 2002), acredita-se que para haver um controle de realimentação, deve haver uma malha de controle fechada, comparando constantemente o valor ajustado com o valor da variável medida e usando o desvio gerado para corrigir a diferença em cima da variável controlada sem a presença humana conforme apresentado na figura 2.

A variável do processo que é mantida dentro de limites é chamada de variável controlada, e que sofre as correções da ação de controle é chamada de variável manipulada.

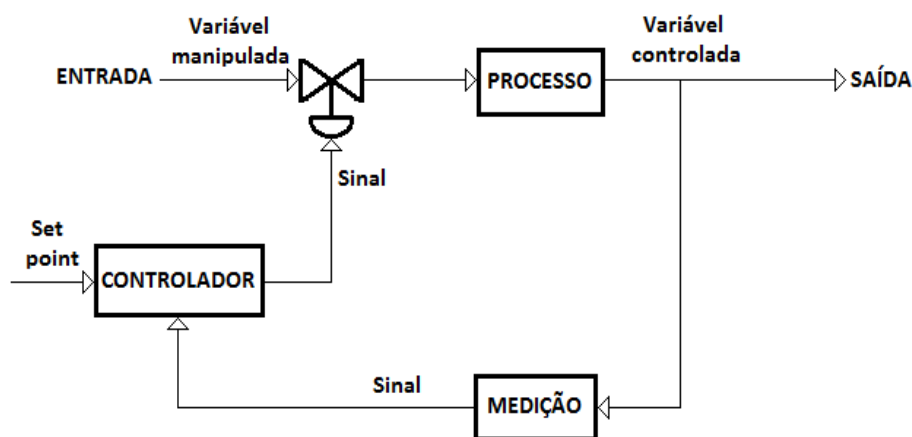


Figura 2: Controle de processos com realimentação
 Fonte: Instrumentação e controle USP (p. 7, 2002)

2.2.2 Controle Antecipatório

De acordo com (Gomes, 2002), verifica-se que as formas alternativas de controle são utilizadas para evitar que erros gerados no processo ocorram, tendo como base o controle antecipatório. Este tipo de controle de processo baseia-se em medir as variações de carga e saber dos efeitos sobre a variável controlada mudando proporcionalmente a variável manipulada diminuindo os erros providos da variável controlada.

O controle realimentado deve ser aplicado de acordo com a necessidade do processo conforme as variáveis de carga geradas, influenciando diretamente as mudanças na variável medida do processo e devendo conter um modelo matemático implícito do sistema de processo no controle antecipatório. Conforme a figura 3, o controle de processos antecipatório tem por sua vez não conseguir medir a variável controlada, dependendo precisamente apenas da relação imposta entre as variáveis de carga medida para mudar o valor da variável manipulada.

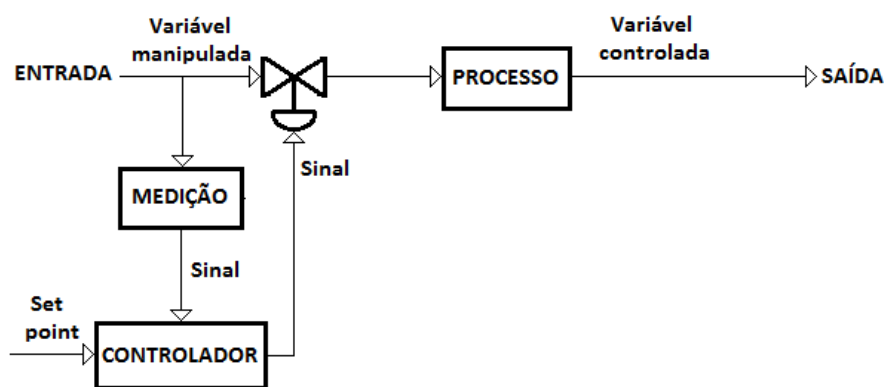


Figura 3: Controle de processos antecipativo.
Fonte: Instrumentação e controle USP (p. 8, 2002)

Baseado no processo, a união das duas estratégias em alguns tipos de controle, conforme a necessidade utiliza-se como forma de recurso tendo um aumento significativo com o custo, mas também a melhoria do controle do processo.

2.3 VARIÁVEIS DE PROCESSO

De acordo com Coelho, entende-se que o processo tem várias formas internas e externas que modificam seu desempenho. Estas formas são chamadas de variáveis de processo e são denominadas como: temperatura, pressão, nível, vazão, volume, etc. Medindo-se a variável que representa o estado desejado e ajustando automaticamente as demais podemos controlar o processo de maneira a se conseguir um valor desejado para variável controlada.

2.3.1 Variável Controlada

“A variável controlada è a condição ou grandeza que é medida e controlada” (Ogata, 2008, p2).

2.3.2 Variável Manipulada

Para Nogueira, nota-se que a variável manipulada é a condição que pode ser alterada pelo controlador, de modo que essa variável altere o valor da variável controlada que é saída do sistema. A variável manipulada tem a função de corrigir os erros estabelecidos pela variável controlada no sistema, de acordo com o valor ajustado no controlador.

2.3.3 Variável Dinâmica

“Qualquer parâmetro físico que possa ser modificado espontaneamente ou por influência externa é uma variável dinâmica” (Gomes, 2002, p7). Para o autor, entende-se que qualquer influência súbita tanto externa como interna que envolva temperatura, pressão, nível, etc, é considerada uma variável dinâmica.

2.4 PERTURBAÇÕES

“São sinas que tendem afetar o valor da saída de um sistema. Se a perturbação é gerada dentro do sistema, ela é denominada interna, caso contrario, é

considerada como um sinal de entrada do sistema”(Hey,1997). Conforme a idéia do autor nota-se que as perturbações são sinais que tendem a prejudicar o valor de saída do controlador.

2.5 AUTOMAÇÃO

“A automação é a tecnologia relacionada com a aplicação de sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos, apoiados em meios computacionais, na operação e controle dos sistemas de produção” (Alves, 2004). Segundo a idéia do autor entende-se que a automação é a evolução no desenvolvimento prático de sistemas aplicados aos processos industriais.

De acordo com (Alves, 2004), o objetivo da automação é estabelecer a segurança e o aumento na qualidade do produto, utilizando várias formas de proteção nos sistemas de máquinas e equipamentos tornando o processo com melhores condições de trabalho e desencadeando a otimização e a confiabilidade do processo.

Para (Alves, 2004), a idéia de segurança desenvolvida pela automação no processo fabril é permitir que as tarefas realizadas de maior perigo sejam executadas com pouca ou até mesmo sem intervenção humana, evitando riscos à saúde do operador.

A automação é um meio através do qual é possível atingir melhores níveis de qualidade. Hoje, qualidade não consiste apenas no controle final do produto. A qualidade é produzida através do controle do processo produtivo, através de um apertado controle dimensional das grandezas envolvidas e mesmo de sistemas de inspeção intercalares a funcionar em tempo real e de uma forma automática. Deste modo, os padrões de qualidade são melhorados pelo incremento do controle do processo, inevitavelmente, através da automação (Alves, 2004, p4).

Conforme (Alves, 2004), entende-se que com o uso da automação nos processos industriais pode-se aumentar os padrões de qualidade do produto, através do controle de processo automático intensificando a produção.

Principais objetivos da automação industrial são:

- Diminuição dos custos;
- Maior produtividade;
- Maior flexibilidade;
- Melhor qualidade;
- Maior capacidade tecnológica;
- Integração.

2.6 ORDENHA MECÂNICA

“A ordenha mecânica começou a ser utilizada há mais de 100 anos. Já em 1851, surgiram as primeiras máquinas ainda com o conceito de câmara única, isto é, sem a presença do sistema de pulsação” (Amaro). De acordo com Amaro percebe-se que ordenha mecânica teve origem no século XVIII, onde surgiram os primeiros equipamentos de ordenha substituindo a ordenha manual através de tubos inseridos no canal dos tetos do animal. Devido às congestões e traumas nas glândulas mamárias ocasionadas pelo sistema de tubos foi desenvolvido o conceito da dupla câmara.

O sistema de dupla câmara foi desenvolvido com a utilização do pulsador, que permite a realização de dois ciclos, um de massagem e outro de extração, assemelhando se à retirada do leite pelo bezerro. Isso é possível graças à teteira localizada no interior do copo desta, que comandado pelo pulsador, na presença de vácuo, executa a extração do leite e, na presença de ar (pressão atmosférica), faz o massageamento dos tetos (Amaro, p5).

Para Amaro nota-se que desenvolvimento da dupla câmara melhorou o processo de ordenha diminuindo o trabalho manual e aumentado a demanda do leite ordenhado, através da utilização de pulsadores e das teteiras que realizam como função básica estimular a produção hormonal.

3 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO DE ORDENHA

Neste capítulo será apresentado o funcionamento da ordenha mecânica descrevendo cada equipamento do processo, a forma de ordenha diária e uma análise de dados do processo, relacionando a produção de leite das vacas em bom estado com o número de vacas lesionadas pelo sistema mecânico de ordenha.

Os equipamentos de ordenha mecânica apresentam uma constituição semelhante, embora possam ter diferentes formas de instalação, onde são divididas em três etapas.

- Sistema de vácuo;
- Sistema de pulsação;
- Sistema de extração.

3.1 SISTEMA DE VÁCUO

O sistema de vácuo é constituído de um conjunto moto bomba, canalização, regulador e vacuômetro conforme apresentado na figura 4.

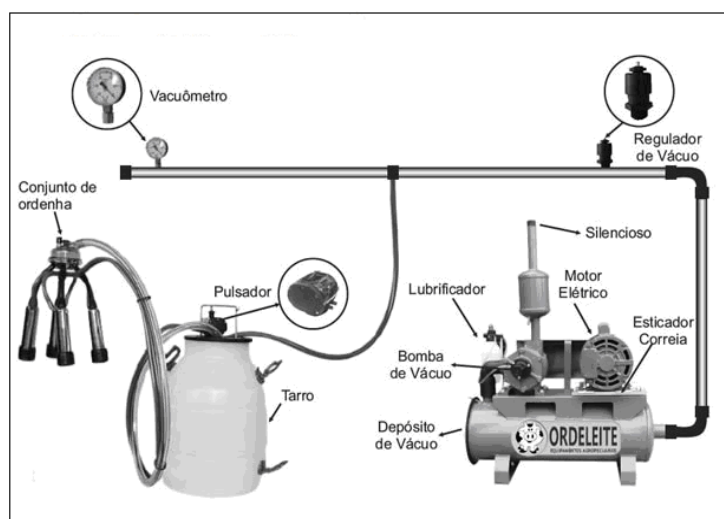


Figura 4: Ordenhadeira Fixa
Fonte: Ordeleite(2008)

As especificações do conjunto moto bomba são relacionadas de acordo com diâmetro da tubulação e o número de vacas ordenhadas por vez, representados na tabela 1.

Tabela 1: Dimensionamento do sistema de vácuo

Número de unidades	Vazão da bomba (L/min)	Tubulação de vácuo principal
6	820	3"
8	900	3"
10	990	3"
12	1090	3"
14	1450	3"
16	1530	3"
18	1610	3"
20	1690	3"

Fonte: Sistemas de ordenha (p. 6, 2009)

O conjunto moto bomba, Como mostra a figura 5 é responsável por gerar o vácuo, criando uma depressão no sistema através de uma bomba de alta rotação impulsionada por um motor elétrico, disponibilizando junto ao equipamento um tanque de compensação utilizado para reduzir as flutuações no sistema.



Figura 5: Equipamento moto bomba
Fonte: Catálogo de produtos Agricol (2009)

A canalização mostrada na figura 6 é específica de acordo com o processo e a quantidade de animais ordenhados, inserida desde o conjunto moto bomba até próximo do animal ordenhado.



Figura 6: Canalização
Fonte: Agricol (2009)

O regulador de pressão é disposto na canalização e usado também como uma válvula e segurança, utilizado para manter a pressão o mais estável possível, deixando o ar atmosférico entrar no sistema de vácuo para estabilizar as depressões e compensar perdas na no conjunto moto bomba, conforme a figura 7.



Figura 7: Regulador de vácuo
Fonte: Agriday (2010)

O Manômetro de pressão negativa representado na figura 8 é instalado no final da canalização utilizado para uma inspeção visual do vácuo presente no sistema e para detectar vazamentos.



Figura 8: Manômetro de vácuo
Fonte: Rehagro (2010)

3.2 SISTEMA DE PULSAÇÃO

Próximo as tetinas de cada vaca a ser ordenhada é instalado o pulsador, equipamento utilizado para simular a movimentação do mamar dos bezerros, criando intervalos de tempos entre ar da pressão atmosférica e vácuo para estimular a produção hormonal como mostra a figura 9.



Figura 9: Pulsador
Fonte: Teuto Brasil (2008)

3.3 SISTEMA DE EXTRAÇÃO

A extração do leite apresentada na figura 10 é formada pelo conjunto ordenha coletor e copo, responsáveis pela retirada do leite, ajudando na estimulação dos tetos das vacas.

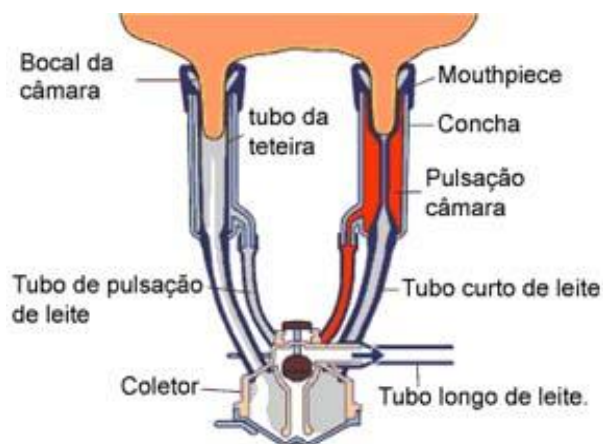


Figura 10: Conjunto ordenha
Fonte: Pfizer (2006)

Para acionamento do motor elétrico do conjunto moto bomba é disponibilizado uma partida estrela triângulo mostrado na figura 11, partindo o motor em estrela com corrente reduzida e após um intervalo de tempo mudando as ligações de fechamento das bobinas para triângulo trabalhando com corrente nominal.

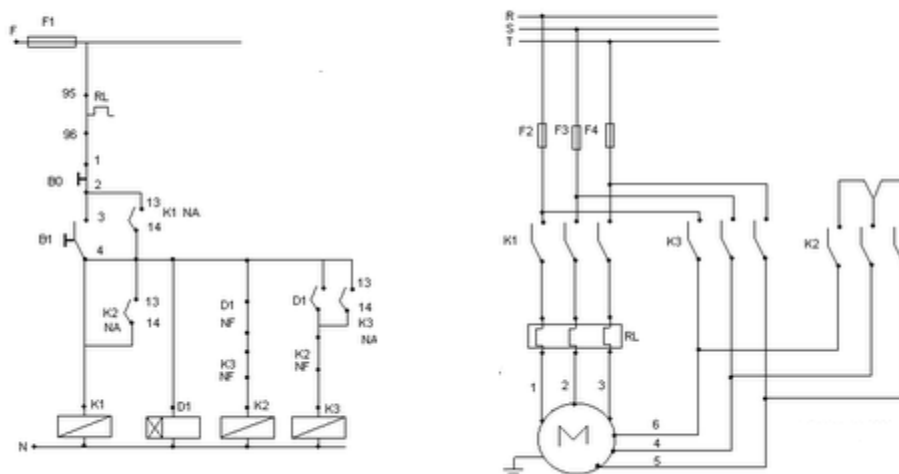


Figura 11: Esquema elétrico de ligação estrela triângulo do conjunto moto bomba
Fonte: autoria própria (2011)

3.4 FORMA DE ORDENHADA REALIZADA

O processo para realizar a ordenha das vacas envolve a rotina diária do número de vacas com relação ao tempo de cada ordenha realizada, podendo cada animal ser ordenhado apenas duas vezes ao dia para não impactar no peso e na disposição física.

A tabela 2, mostra a quantidade de vacas ordenhas em relação ao tempo e a produção de leite diário.

Tabela 2: Quantidade de vacas ordenhadas por processo

Nº vacas ordenhadas	Tempo de ordenha/min	Quantidade da produção Do leite/litro
1	15	7,8
10	15	78
40	60	312
160	240	1248
320	480	2498

Fonte: autoria própria (2011)

Com base na tabela 2, a ordenha diária das vacas é formada duas vezes ao dia, em dois turnos consecutivos no período da manhã e tarde, no tempo total de 8 horas, sendo que em cada ordenhada realizada são ordenhadas 10 vacas ao mesmo tempo em um período de 15 minutos, produzindo em média cada vaca 7,8 litros de leite.

Conforme gráfico 1, pode-se ver a relação média da produção do leite ordenhado durante cada semana.

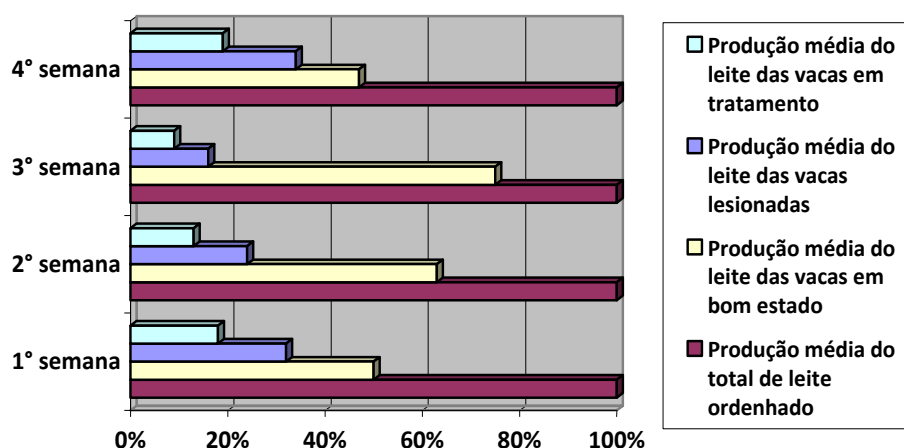


Gráfico 1: Produção do leite ordenhado pelo processo mecânico
Fonte: Autoria própria (2011)

Através dos dados do indicador no gráfico 1, é relacionado a produção de leite das vacas em bom estado após a ordenha comparando com a produção de leite das vacas lesionadas pelo processo de ordenha mecânica mostrado na capítulo 3.

Estabelecendo um cálculo do leite produzido e comparando as produções das vacas, com a produção total pode-se perceber que 69 % da produção são das vacas em bom estado e 31 % da produção são relacionados à produção das vacas lesionadas por variações de pressão conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Produção do leite com o processo de ordenha mecânica.

Produção de leite	1ªSemana	2ªSemana	3ªSemana	4ªSemana	Produção Mensal
Vacas em bom estado	8.743 L	11.016 L	13.114 L	8.218 L	41.091 L
Vacas lesionadas	5.596 L	4.197 L	2.798 L	5.945 L	18.536 L
Total	14.339 L	15.213 L	15.912 L	14.163 L	59.627 L

Fonte: autoria própria (2010)

Conforme a coluna verde apresentado no gráfico 1 pode-se estabelecer a quantidade do leite não produzido pelas vacas em tratamento como consequência das lesões causadas pela variação de pressão do processo de ordenha mecânica mostrado na tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de leite não produzido pelo processo de ordenha mecânica.

Produção	1ªSemana	2ªSemana	3ªSemana	4ªSemana	Quantidade de leite não produzido
Vacas em tratamento	3.148 L	2.273 L	1.574 L	3.322 L	10.317 L

Fonte: autoria própria (2010)

4 DESCRIÇÃO DAS FALHAS DE PROCESSO

Para a implementação do sistema, é necessário antes estudar os vários tipos de falhas e variações existentes na pressão, para que as condições das instalações do sistema de controle sejam bem planejadas.

4.1 NÍVEIS DE PRESSÃO INTENSSA

Conforme as variações freqüentes ocasionadas no sistema de pressão, impactando diretamente no processo de ordenha em variações muito altas tem como consequência lesões nos tecidos mamários dos animais, ocasionado mastite e prolapso de esfíncter como mostra a figura 12, tendo como principal problema a redução na produção de leite.



Figura 12: Vaca com mastite
Fonte: Rehagro (2009)

Cada vaca lesionada pela oscilação da depressão fica em média um dia em repouso para tratamento, evitando qualquer atividade possível.

4.2 NÍVEIS DE PRESSÃO POUCO INTENSA

Os baixos níveis de pressão impactam diretamente na produção, aumentando o tempo da ordenha e tendo queda das teteiras do conjunto ordenha, diminuindo bastante a produção de leite.

De acordo com a tabela 5 apresentada, pode-se observar as pressões de trabalho para o processo de ordenha conforme especificado.

Tabela 5: Níveis padrões de pressão de trabalho

Linhas de Pressão	Mínimo	Maximo
Linha Baixa	42 Kpa	46 Kpa
Linha Média	44 Kpa	50 Kpa
Linha Alta	46 Kpa	50 Kpa

Fonte: Sistemas de ordenha (2009).

As variações causadas pela pressão no sistema são pontos muito importantes que devem ser verificados no sistema diariamente. Conforme o gráfico 2, pode-se observar o impacto das oscilações de pressão no processo.

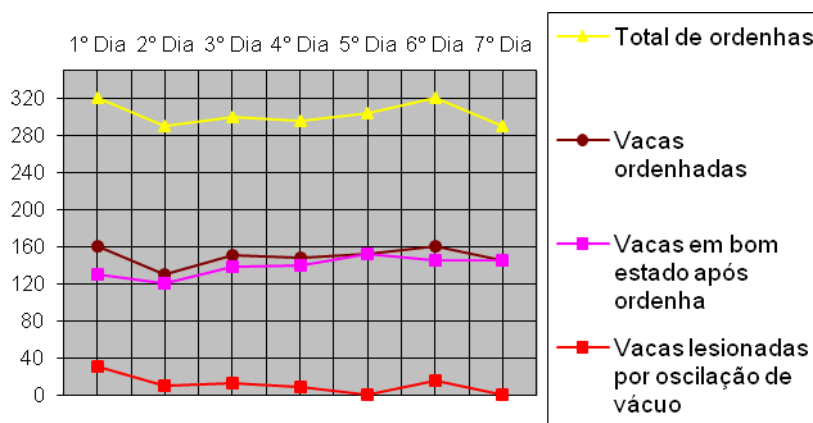


Gráfico 2: Relação média das vacas ordenhadas
Fonte: Autoria própria (2011)

De acordo com os dados levantados, em relação à curva em vermelho do gráfico 2, em média diariamente 10 vacas são lesionadas pela variação de pressão no sistema de ordenha, causadas pelos equipamentos do processo mecânico e impactando no bem estar do animal, com a redução de leite pelas lesões e proliferação de doenças apresentadas no capítulo 4. O sistema automático de controle fará a substituição de alguns equipamentos mecânicos, para reduzir os níveis de variações no processo de ordenha que serão mostradas no capítulo 5.

5 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE AUTOMÁTICO

Neste capítulo será apresentado o controle automático de vácuo descrevendo o funcionamento dos equipamentos do sistema de controle e realizando uma análise gráfica dos dados após a implementação do projeto, estabelecendo um comparativo com os lucros do leite produzido em relação ao custo do leite deixado de ordenhar.

5.1 DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE AUTOMÁTICO

Para o desenvolvimento do sistema de controle tornou-se necessário fazer um levantamento de todos os dados do processo de ordenha e as principais formas de controle.

Para obter todas as informações, foi necessário acompanhar o processo de ordenha e realizar um levantamento de todos os equipamentos utilizados, verificando procedimentos do operador com cada equipamento antes e depois de cada ordenha.

Com a descrição de cada equipamento usado, foi consultado o manual de funcionamento observando tempo útil de cada peça, formas de uso, procedimentos padrões, ligações e recomendações.

Problemas como as flutuações na pressão de trabalho causadas pelos equipamentos da ordenha mecânica, causando lesões nos animais, foram detectados como principal ponto negativo do processo.

Após a análise do sistema mecânico utilizado e o levantamento do principal problema relacionado a este procedimento na ordenha com vacas, verificou-se que com a automatização deste processo seria possível obter uma melhoria significativa de todo sistema tendo como resultado a redução de variação da pressão de trabalho, aplicada nos tetos das vacas, a redução do número de lesões e o aumento da produção do leite.

O desenvolvimento do controle automático ficou dividido em três partes:

- Medição;
- Controle;
- Correção.

5.1.1 Medição

Para realizar a medição da pressão, será utilizado um transdutor de pressão negativa mostrado na figura 13, sendo que transdutor ficará inserido na canalização submetido a uma pressão, fazendo a medição da variável controlada e utilizando recursos do próprio instrumento como a calibração de acordo com o processo de controle.

Quando submetido a uma fonte exposta de pressão, o transdutor produz um sinal de saída (corrente ou tensão) proporcional à pressão.



Figura 13: Transdutor de Pressão Negativa
Fonte: L2W (2009)

5.1.2 Controle

Para estabelecer o controle foi necessária a utilização de um controlador de pressão apresentado na figura 14, pelos diversos recursos de parâmetros agregados, tendo uma excelente disponibilidade de comunicação com outros equipamentos.

A entrada analógica disposta no controlador da figura 14, recebe o sinal de corrente gerado pelo transdutor de pressão em relação à pressão negativa submetida na canalização, indicando o nível de pressão no *display* (mostrador) e, ao mesmo tempo, comparando o sinal da variável de entrada analógica e gerando um sinal proporcional de saída (I/O 5) entre 4 a 20mA para um inversor de frequência.

Duas saídas disponíveis no controlador de pressão da figura 14, são configuradas para alarme do nível de pressão (I/O 3 e I/O 4), ajustadas em -40 kpa

para alarme de nível baixo e -50 kpa para alarme de nível alto de pressão indicadas por um sinalizador.

O valor de pressão desejada conforme especificado para o processo é ajustado no *set point* (ponto de operação) do controlador podendo ser alterada a qualquer momento de acordo com a necessidade.



Figura 14: Controlador Pressão
Fonte: Novus (2011)

5.1.3 Correção

A correção de pressão estabelecido no processo é feita através da utilização do inversor de frequência conforme mostrado na figura 15, corrigindo diretamente a variável manipulada de frequência, imposta no motor da bomba de vácuo. O inversor é o equipamento mais propício para a implementação, tendo diversos recursos de configuração com parâmetros e várias alternativas de comunicação com outros equipamentos, responsável por manipular a frequência do motor elétrico do conjunto moto bomba.

Fazendo uma interface com o controlador de pressão da figura 14, o inversor de frequência mencionado na figura 15, recebe o sinal analógico de 4 à 20ma proporcional ao sinal estabelecido pelo transdutor e pressão apresentado na figura 13, variando a frequência das fases de saída do inversor para o motor elétrico do conjunto moto bomba, mantendo a frequência entre 30 a 60 Hz. Ligado à saída a relé do inversor de frequência como mostra a figura 16, indicando que o inversor está em funcionamento é instalado um sinalizador próximo ao controlador de pressão, e quando desligado o sinalizador indica falha do equipamento.

A utilização do inversor de freqüência como equipamento, garante ao motor elétrico do conjunto moto bomba uma maior proteção, trabalhando com correntes de pico reduzidas.



Figura 15: Inversor de Freqüência
Fonte: Weg (2011)

5.1.4 Diagrama Elétrico

Conforme o comando estrela triângulo para acionamento do motor elétrico já existente no processo de ordenha mecânica apresentado na figura 11, foi adicionada ao comando uma manopla para controle manual/automático do processo. Assim, manteve-se o controle mecânico em manual e adicionou-se o controle automático para o sistema, conforme mostrado através do diagrama elétrico na figura 16.

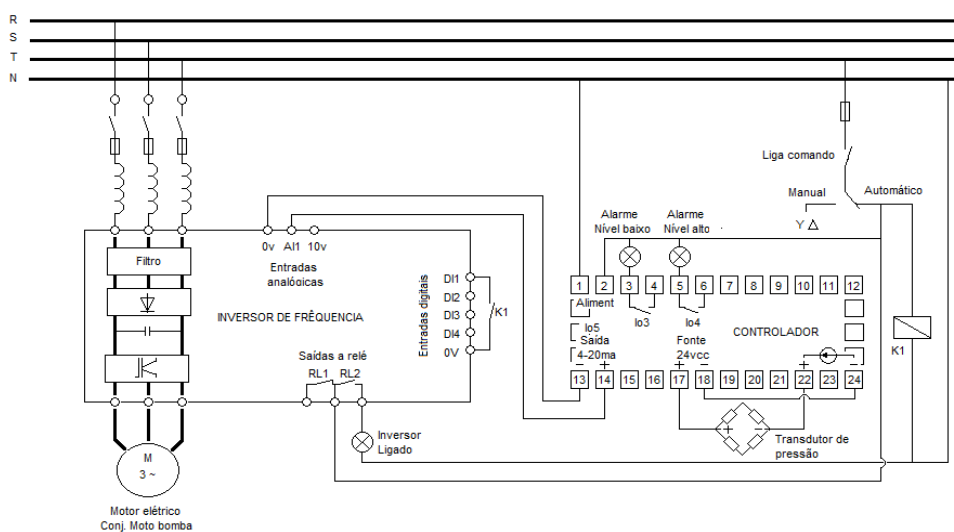


Figura 16: Diagrama elétrico do controle automático
Fonte: autoria própria (2011)

Através do controle em malha fechada apresentado na figura 17, o sistema proposto tem a função de se ajustar automaticamente de acordo com o processo mantendo a variável controlada o mais próximo do *set point* (ponto de operação), tornando o processo de ordenha um sistema eficaz o controle automático agregado ao sistema propicia ao processo a redução nas variações de pressão, diminuindo consequentemente o número de vacas lesionadas.

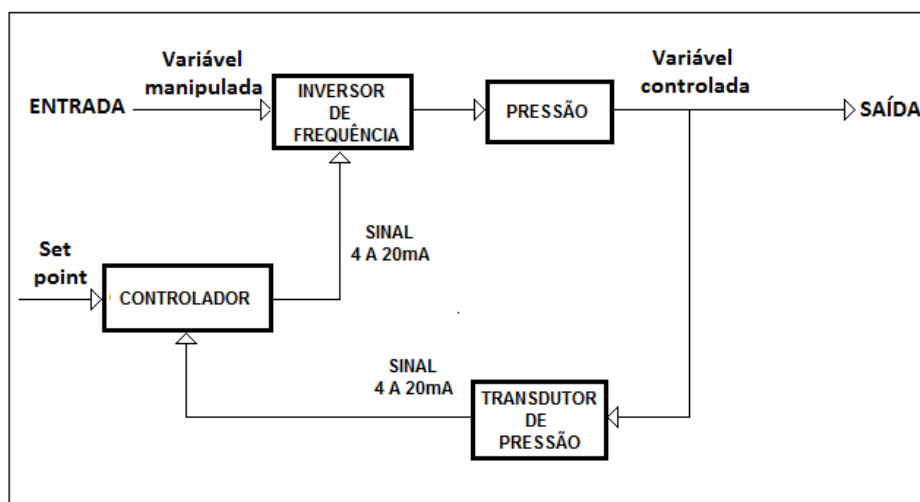


Figura 17: Controle automático de vácuo
 Fonte: autoria própria (2012)

5.1.5 Investimento

O investimento realizado com os equipamentos para a implantação do sistema de controle automático, visto no capítulo 5 é apresentado na tabela 6 descrevendo cada item com o custo parcial e total.

Tabela 6: Custo da implantação do controle automático de vácuo

ITEM	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL PARCIAL (R\$)
Inversor de freq.	1 pç	4.000	4000
Sensor de pressão	1 pç	300	300
Controlador digital	1 pç	350	350
Sinalizador 24 v	2 pç	15	30
Cabo multi vias	85 m	300	300
Painel 500x350x200	1 pç	120	120
Canaleta 40x60	3 pç	40	40
Trilho din	1 m	22	22
Disjuntor monofásico 2A	1 pç	16	12
Disjuntor trifásico 32 ^a	1 pç	22	22
Fio 1 mm ²	100 m	50	50
Fio 6 mm ²	100 m	130	130
Terminal ilhos 1mm	50 pç	5	5
Terminal ilhós 6mm	50 pç	8	8
Terminal olhal 6mm	20 pç	2	2
Contator auxiliar	1pç	50	50
Manopla 2 posições	1 pç	11	11
Elemento para manoplas	2 pç	8	16
Manoplas 3 posições	1 pç	12	12
Mão de obra	2	5.000	5.000
TOTAL R\$ 10.480			

Fonte: autoria própria (2010)

Durante a implementação do processo foi monitorado a pressão do vácuo no sistema comparando o processo implantado com o processo mecânico observando cada ponto de impacto para o processo.

De acordo com o gráfico 3 pode-se observar, a produção média de leite ordenhado e a resposta do sistema no processo.

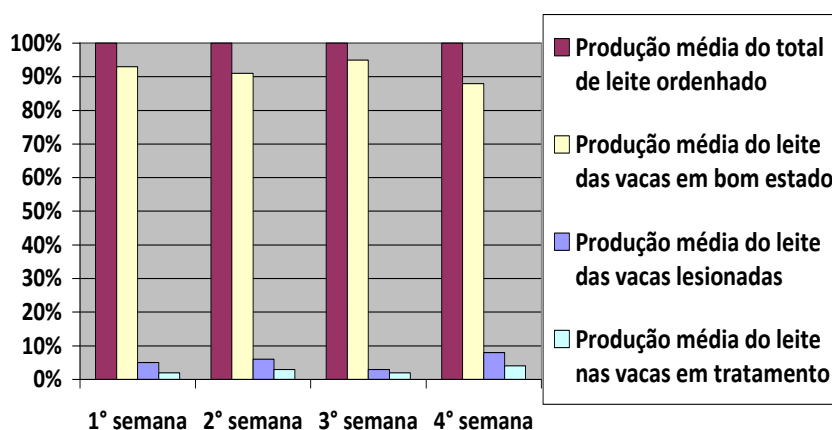


Gráfico 3: Produção do leite ordenhado pelo processo automatizado
Fonte: Autoria própria (2011)

Através dos dados apresentados no gráfico 3, obtido pelo controle automático de vácuo descrito no capítulo 5, são relacionados a produção de leite das vacas em bom estado com a produção de leite das vacas lesionadas.

Desenvolvendo um levantamento comparativo das produções das vacas com o total produzido nota-se que 94,3 % da produção de leite são das vacas em bom estado e 5,6 % são da produção são destinados das vacas lesionadas conforme é apresentado na tabela 7.

Tabela 7: Produção do leite com o processo de controle automático.

Produção de leite	1ªSemana	2ªSemana	3ªSemana	4ªSemana	Produção Mensal
Vacas em bom estado	16.262 L	15.912 L	16.611 L	15.388 L	64.173 L
Vacas lesionadas	874 L	1049 L	525 L	1399 L	3.847 L
Total	17.136 L	16.961 L	17.136 L	16.787 L	68.020 L

Fonte: autoria própria (2011)

Através do gráfico 3 apresentado pode-se estabelecer a quantidade do leite não produzido pelas vacas em tratamento como consequência das lesões causadas pela variação de pressão do processo automático mostrado na tabela 8.

Tabela 8: Quantidade de leite não produzido com o processo de controle automático.

Produção	1ªSemana	2ªSemana	3ªSemana	4ªSemana	Quantidade de leite não produzido
Vacas em tratamento	350 L	525 L	350 L	700 L	1.925 L

Fonte: autoria própria (2011)

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste sistema de controle foi motivado pela difusão cada vez maior na área de automação. Acredita-se que o uso do sistema de controle como forma de ferramenta no setor agrícola leiteiro tende a simplificar cada vez mais o processo desenvolvendo uma melhoria contínua.

O sistema de controle automático alcançou as expectativas, apresentando bom resultado com a redução nas variações de pressão e o aumento na produção do leite, diminuindo o índice de vacas lesionadas pelas variações da pressão, causadas pelos equipamentos do processo de ordenha mecânica.

Tornando o sistema de ordenha um processo eficiente através do controle automático e estabelecendo uma automação simples o projeto desenvolvido buscou integrar ao processo um sistema prático, desenvolvendo uma forma alternativa de controle para reduzir as variações de pressão, obtendo através dos resultados o aumento de qualidade do produto. O uso da instrumentação no desenvolvimento do projeto garantiu a confiabilidade do processo tornando o custo da implementação significativamente baixo em relação ao aumento na demanda de produção do leite.

O controle automático contribuiu com o processo de ordenha suprimindo as dificuldades do sistema e garantindo a satisfação do cliente com os resultados obtidos.

A forma empregada para cada tipo de controle de processos contribui gradativamente no mercado industrial, obtendo excelentes resultados e com várias alternativas de adaptação do sistema submetido. Buscando resultados positivos nos processos industriais aplicados o controle automático de processos garante com a tecnologia do sistema confiabilidade e melhoria de produção.

Espera-se que com o desenvolvimento deste trabalho, outros acadêmicos se motivem em realizar trabalhos de pesquisa na área de controle automático de processos visto que está é uma área com muitos recursos e com diferentes aplicações atribuindo a indústria várias soluções.

REFERÊNCIAS

AGRICOL. **Catálogo de Produtos**. Disponível em:
<<http://www.agricol.net.br/site/produto.asp?cod=13103>> Acesso em: 20 ago. 2011.

AGRIDAY. **Regulador de Vácuo**. Soluções em Produção e Industrialização de Leite Disponível em: <<http://www.agriday.com/regulador-de-vacu>> Acesso em 12 ago. 2011.

ALVES, Tony S. **Automação Industrial**. (Escola Superior de Tecnologia de Abrantes – Instituto Politécnico de Tomar). Disponível em:
<http://projectotecnologico.do.sapo.pt/documentacao_cont/558_SebentaIndustrial%20I_2004_2005.pdf> Acesso em: 30 mai. 2012.

AMARO, Fabiano R. **Sistemas de Ordenha**. (Capítulo 10). Disponível em:
<<http://marcosveiga.net/biblioteca/livros/10%20parte1.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2012.

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, Instrumentação Industrial Prática. (Malhas de Controle). Disponível em:
<<http://www.automacaoindustrial.com/instrumentacao/introducao/malhas.php>> Acesso em: 17 ago. 2011.

COELHO, Marcelo S. **Instrumentação**. Disponível em:
<<http://www.dca.ufrn.br/~acari/Sistemas%20de%20Medida/SLIDES%20INTRODU%20C7%C3O%20INSTRUMENTACAO%20.pdf>> Acesso em: 03 set. 2011.

GOMES, Magno D. **Controle e Automação industrial**. Métodos de Determinação de Parâmetros de Processo. (SENAI – Escola Prof. Euryclides de Jesus Zerbini - Campinas SP). Disponível em:
<http://www.adjutojunior.com.br/controle/controle_aut_senai.pdf> Acesso em: 18 ago. 2011.

HEI, Helio L. **Caderno Didático de Sistema de Controle**. (Universidade Federal de Santa Maria UFSM). Disponível em:
<<http://www.ufsm.br/gepoc/renes/Templates/arquivos/elc418/elc418-cap1.pdf>> Acesso em: 08 de set. 2011.

LONGHI, Luis. G. S. **Solução do Problema de Controle Não Linear**. Disponível em:
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1520/000300653.pdf?sequence=1>> Acesso em: 20 mai 2012

L2W. Sensor de Pressão Negativa. (Produtos). Disponível em:
<<http://www.l2w.ind.br/produtos.php?menu=15&tipo=47>> Acesso em: 10 Jan. 2012.

MAIA, Patrícia V. **Rehagro**. Artigo técnico. (Adoção de práticas que auxiliam no controle da mastite e na melhoria da qualidade do leite). Disponível em:
<<http://rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=1899>> Acesso em: 03 set. 2011.

MAIA, Patrícia V. **Rehagro**. Artigo técnico. (A manutenção do equipamento de ordenha é fundamental para evitar a ocorrência de mastite). Disponível em:
<<http://rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/imprimir.php?cdnoticia=1948>> Acesso em: 15 ago. 2011.

NOGUEIRA, Marcelo. **Introdução ao Sistema de Controle**. (UNIP – Ciência da Computação). Disponível em: http://www.noginfo.com.br/arquivos/CC_AEC_02.pdf
Acesso em: 22 set. 2011.

NOVUS. **Controlador de Pressão**. (Produtos). Disponível em:
<http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=904553&SubsecaoID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=715305>
Acesso em: 23 mar. 2010.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. (Pearson – Prentice Hall) São Paulo, 2005, 4^o Edição.

ORDELEITE. **Ordeneira Fixa**. (Informações). Disponível em:
<http://www.ordeleite.com.br/ecommerce_site/produto_20600_6702_ORDENHA-BV300-C--1-CONJUNTO-DUPLO-COMPLETA> Acesso em: 16 Fev. 2012.

PFIZER. **Conjunto Ordenha**. (Saúde Animal). Disponível em:
<<http://www.pfizersaudeanimal.com.br/Lactaflex9.asp?menu=9>> Acesso em: 15 jan. 2012.

TAGLIAFERRO, Geronimo V. **Instrumentação e controle USP**. Escola de Engenharia de Lorena EEL. Disponível em:
<<http://www.dequi.eel.usp.br/~tagliaferro/notasdeaulap1.pdf>> Acesso em: 03 set. 2011.

TEUTO BRASIL. **Pulsador**. (Produtos). Disponível em:
<http://teuto brasil.com.br/produto/459/Pulsador_pneumatico_simultaneo:.html>
Acesso em: 15 ago. 2011.

VEIGA, Marcos. **Sistema de Ordenhas**. Disponível em:
<<http://marcosveiga.net/biblioteca/palestras/Sistemas%20de%20ordenha.pdf>>
Acesso em: 17 Jan. 2011.

WEG. **Inversor de Frequência**. (Produtos). Disponível em:
<<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/Inversores-de-Frequencia/CFW08-Inversor-de-Frequencia#>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

**APÊNDICE A - PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO DO CONTROLADOR
UNIVERSAL**

Atun	1	Automático
Spa1	-40	Set point do alarme 1
Spa2	-50	Set point do alarme 2
Io4	1	Alarme 1
Io3	2	Alarme 2
Io5	12	Saída 4 – 20ma
Spil	-35	Limite inf. Set point
Sphi	-55	Limite sup. Set point
A1fu	0	Função do alarme 1
A2fu	1	Função do alarme 2
Type	17	4 á 20ma
Run	1	Controle e alarmes habilitados
Ait1	0	Tempo do alarme 1
Ait2	0	Tempo do alarme 2
Rsil	-42	Limite inferior do set point
Rshl	-50	Limite superior do set point

APÊNDICE B - PARÂMETROS DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

220	1	Sempre remoto
222	1	AI1 Referência de velocidade
235	1	Sinal de entrada anal. 4 à 20ma
263	9	Gira/para
277	5	Relé saída run
205	0	Leitura de freqüência
100		Tempo de aceleração 10 seg.
230	1	Seleção do comando remoto
231	0	Sentido de giro horário
279	5	Saída a relé em run
295	311	Corrente nominal do inversor 16A
401		Corrente nominal do motor 12A
402		Velocidade nominal do motor 3600 rpm
403		Freqüência nominal do motor 60Hz
404	13	Potência nominal do motor 7.5cv
407		Fator de potência nominal do motor 0.82